

PERENCANAAN PEMANAS AIR TENAGA SURYA KAPASITAS 80 GALON PER HARI

Soelaiman, Sofyan, Eri Diniardi, Sunarto
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Abstrak. Energi matahari adalah sumber energi yang gratis, sehingga dapat dimanfaatkan seefisien mungkin, walaupun butuh biaya tinggi dalam pemanfaatannya. Dalam hal ini energi matahari digunakan untuk memanaskan air dengan suhu keluaran 430C dengan kapasitas 80 gal per hari yang digunakan untuk industri rumah apartemen (bukan gedung apartemen) sebanyak kurang dari 20 apartemen, dengan 80 galon per hari setiap apartemennya.

Proses pengumpulan panas dilakukan oleh kolektor dengan menyerap panas matahari, sehingga mengalir secara konduktif mengenai pelat penyerap (tembaga dengan lapisan chrom hitam), dengan suhu 1280C, dan melalui dinding silinder kemudian panas dipindahkan ke fluida didalam saluran pipa – pipa dengan cara konveksi paksa, pelat penyerap yang panas itu melepaskan panas kepelat penutup kaca dengan cara konveksi alamiah dan diteruskan ke atmosfer dengan cara radiasi yang hal ini merupakan salah satu kerugian kalor yang mencapai 4,4 W/(m².K). Dan bersirkulasi terus selama perbedaan antara suhu di kolektor dan tangki penyimpan masih selisih 140C.

Dari hasil penelitian dilapangan bahwa suhu air masuk sebesar 270C dan suhu air hangat 430C. Dan hasil perhitungan seperti radiasi matahari yang ditangkap pada kolektor dengan posisi 60LS (wilayah DKI Jakarta) sebesar 1047,9 W/m² dan panas yang diperoleh sekitar 80% dengan kerugian total pada kolektor sebesar 5,14 W/(m².K). Waktu yang diperlukan untuk memanaskan air hingga suhu keluaran mencapai 430C sebesar 1 jam dengan membutuhkan dua buah kolektor, dengan kerugian kalor pada tangki sebesar 20% dari panas yang diterima kolektor.

Kata kunci: kolektor, energi matahari

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Sumber energi berjumlah besar dan bersifat kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi surya. Sementara energi surya ini belum lagi dipakai sebagai sumber primer energi bahan bakar sekarang ini, penelitian dan pengembangan besar- besaran sedang dijalankan untuk mencari suatu sistem yang ekonomis untuk memanfaatkan energi surya ini.

Energi surya adalah sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tak dapat habis dapat dipercaya dan gratis. Dua kekurangan utama dari energi surya ini ialah bahwa ia sangat halus (dilute) dan tidak konstan. Arus energi surya yang rendah mengakibatkan terpaksa dipakainya sistem dan kolektor yang luas permukaannya untuk mengumpulkan dan mengkonsentrasikan energi itu. Disamping sistem pengumpul (kolektor) ini berharga mahal, dilain sisi bahwa sistem- sistem di bumi tidak dapat diharapkan akan menerima persediaan yang terus menerus dari energi surya ini, ini berarti bahwa diperlukan pula semacam sistem penyimpan energi pada waktu tidak ada sinar matahari. Energi surya dapat dikonversi secara langsung menjadi bentuk energi lain dengan tiga proses terpisah yaitu proses heliochemical, helioelectrical, dan heliothermal. Proses heliothermal adalah penyerapan (absorpsi) radiasi matahari dan pengkonversian energi ini menjadi energi termal.

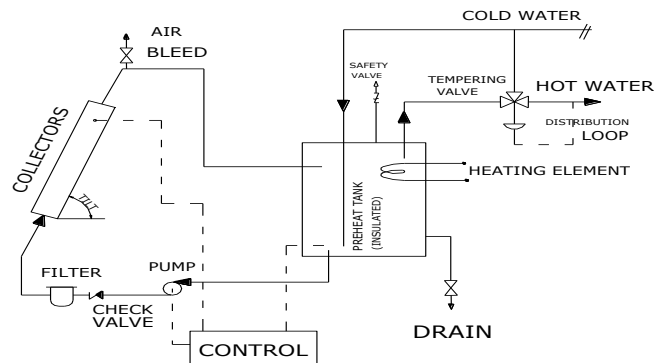
LANDASAN TEORI

Sistem secara langsung (direct system)

Jenis yang sederhana dari sistem secara langsung ditunjukkan dalam gambar 1. terdiri dari kolektor surya, pompa sirkulasi, kombinasi tangki air sebelum panas dan sistem pemanas cadangan. Disistem yang sederhana ini, air minum dari sumur bersirkulasi secara langsung melalui kolektor dari tangki. Air yang digunakan turun dari atas tangki dan air yang segar diberikan kebawah tangki. Ini penting untuk menggunakan aliran seperti ini agar

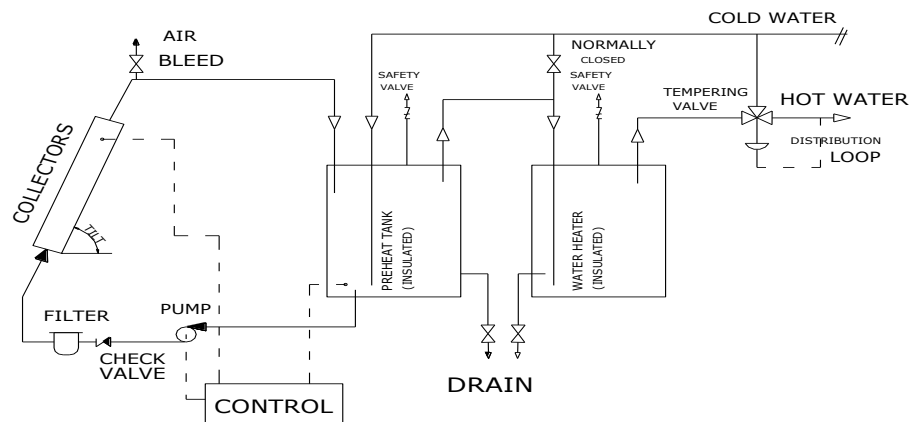
memperoleh efisiensi yang maksimum. Selama ada matahari air bersirkulasi terus dalam sistem.

Kombinasi tangki sebelum air panas dan tangki cadangan mempunyai sumber energi cadangan untuk memperthankan suhu air keluar pada angka yang diset. Angka yang diset seringkali lebih besar dari suhu yang diterima dari kolektor pada kondisi sore hari. Ini sangat penting bahwa sistem pemanas cadangan akhirnya digunakan pada kolektor. Elemen pemanas ditempatkan diatas untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Gambar 1 menunjukkan adanya check valve setelah pompa, check valve merupakan bagian yang sangat penting dalam sisitem ini, yang berfungsi untuk mencegah aliran balik pada waktu malam hari.



Gambar 1 Single tank direct solar water heating sistem

Sistem pemanas air yang menggunakan dua tangki terpisah (separate) lebih baik dari kombinasi tangki air sebelum panas dan tangki cadangan yang ditunjukkan dalam gambar 2. keuntungan dari sistem dua tangki dapat digunakan untuk berbagai bentuk cadangan panas pada tangki tambahan. Tangki preheat hanya dipanaskan oleh pemanas surya, kebalikan dari desain tangki tunggal. Dimana gas atau bahan bakar cair lebih mahal dibandingkan listrik, cadangan dengan bahan bakar sedikit dikurangi di sistem dua tangki.



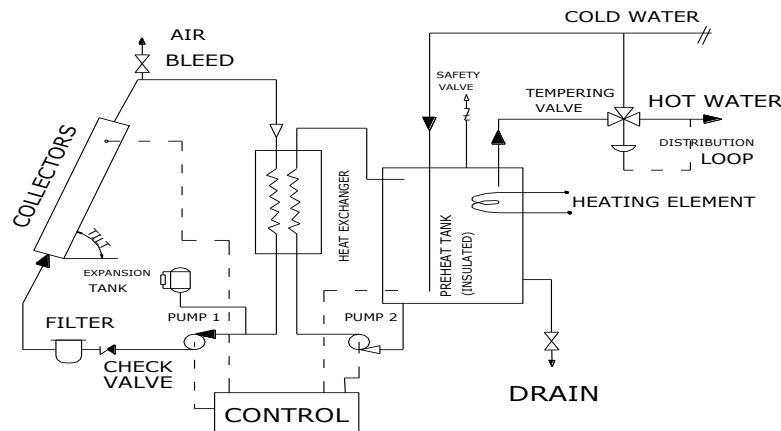
Gambar 2 Double tank direct solar water heating system.

Sistem tidak langsung (indirect system)

Sistem tidak langsung menggunakan cairan anti beku didalam kolektor untuk mengumpulkan panas. Lalu panas diberikan ke cairan untuk menghasilkan air hangat, didalam heat exchanger yang diteruskan ke tangki penyimpanan. Gambar 3 menunjukkan system satu tangki secara tidak langsung. Perbedaan dari system ini adalah dari tambahan komponen yang diberikan, seperti heat exchanger, tangki ekspansi, katup pengaman, pompa kedua, pipa dan fitting tambahan.

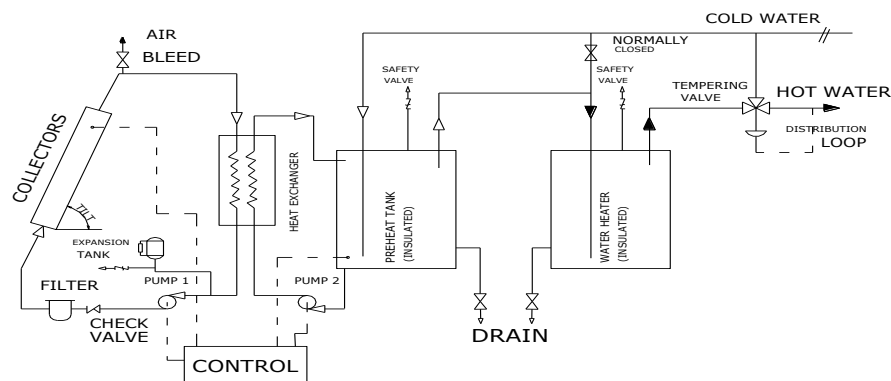
Tambahan biaya untuk komponen ini biasanya untuk mengatasi masalah pembekuan, untuk unjuk kerja yang baik ditunjukkan dalam gambar 3.3. ketika heat exchanger terlalu kecil, maka kolektor harus menghasilkan panas yang lebih besar dari kondisi normal, jika heat exchanger terlalu besar, maka kerja dari kolektor semakin ringan, tetapi hal ini akan menambah biaya yang tinggi.

Elemen pemanas diletakkan dibagian atas dari tangki. Desain dengan heat exchanger adalah kunci untuk memperoleh panas yang tinggi, koil didalam heat exchanger lebih baik daripada koil eksternal heat exchanger, tetapi kurang efektif.



Gambar 3 Single tank indirect solar water heating system.

Pada gambar 4 diagram sistem dan tangki secara tidak langsung (indirect system) adalah gabungan dari sistem dua tangki secara langsung dengan sistem satu tangki tidak langsung. Keuntungan dari sistem ini adalah lebih fleksibel dalam jenis energi cadangan seperti yang dijelaskan diatas, bahwa sistem ini membutuhkan biaya lebih dan tambahan kehilangan panas dari tangki kedua. Kesulitan yang mendasar timbul dari konveksi secara bebas yang bersirkulasi pada tangki yang melepaskan kalornya ke koil. Konveksi bebas sudah relative terjadi dalam proses perpindahan panas, oleh karena itu digunakan shell-and tube heat exchanger. untuk menghindarinya diperlukan permukaan yang luas.



Gambar 4 Double tank indirect solar water heating system.

Nilai isolasi surya

Jumlah radiasi surya secara langsung atau isolasi yang jatuh pada suatu permukaan tertentu adalah sama dengan perkalian antara radiasi langsung itu atau isolasi yang jatuh ke permukaan yang tegak lurus terhadap sinar matahari, I_{DN} , dan $\cos \theta$. Nilai isolasi tegak lurus langsung adalah fungsi dari ketebalan atmosfer yang dilewati oleh radiasi begitu juga jumlah uap air di udara serta jumlah polutif atmosfer yang terjadi. Panjang lintasan atmosfer

biasanya dinyatakan dalam bentuk massa udara m . parameter m didefinisikan sebagai rasio massa atmosfer didalam lintasan aktual radiasi surya langsung pada suatu lokasi tertentu terhadap yang terjadi bila matahari tepat diatas kepala ($\beta_1 = 90^\circ$) pada permukaan laut. Diluar atmosfer bumi, $m = 0$ dan pada lokasi lain, untuk semua tujuan praktis, $m=1/\sin\beta_1$.

Telah banyak penyelidikan yang dilakukan orang tentang efek transmittansi atmosfer, khususnya tentang efek kebasahan, ozon dan partikel debu. Intensitas iradiasi normal langsung I_{DN} , dalam W/m^2 , pada permukaan bumi pada hari yang cerah dapat ditaksir dari persamaan berikut:

$$I_{DN} = A e^{-(B/\sin\beta_1)}$$

dimana A adalah isolasi ekstraterestrial nyata (pada $m = 0$) dan B adalah koefisien kepunahan atmosfer. Harga B tergantung pada waktu dari tahun dan jumlah uap air yang terdapat di atmosfer.

Arus energi surya total $I_{i\theta}$ pada permukaan bumi dari setiap orientasi dan kemiringan dengan sudut insiden θ adalah sama dengan jumlah komponen surya langsung $I_{DN} \cos \theta$, komponen difusi surya $I_{d\theta}$ yang datang dari langit, dan radiasi gelombang pendek yang direfleksikan dari permukaan- permukaan yang mengelilinginya di bumi I_r :

$$I_{i\theta} = I_{DN} \cos \theta + I_{d\theta} + I_r$$

komponen refleksi I_r tergantung pada karakteristik refleksi dan geometri permukaan yang mengelilinginya. Jumlah radiasi yang direfleksikan dapat dihitung dengan menggunakan metoda radiasi konvensional. Kecuali untuk pemakaian- pemakaian khusus, I_r biasanya bukanlah komponen utama dalam kebanyakan perhitungan- perhitungan energi surya.

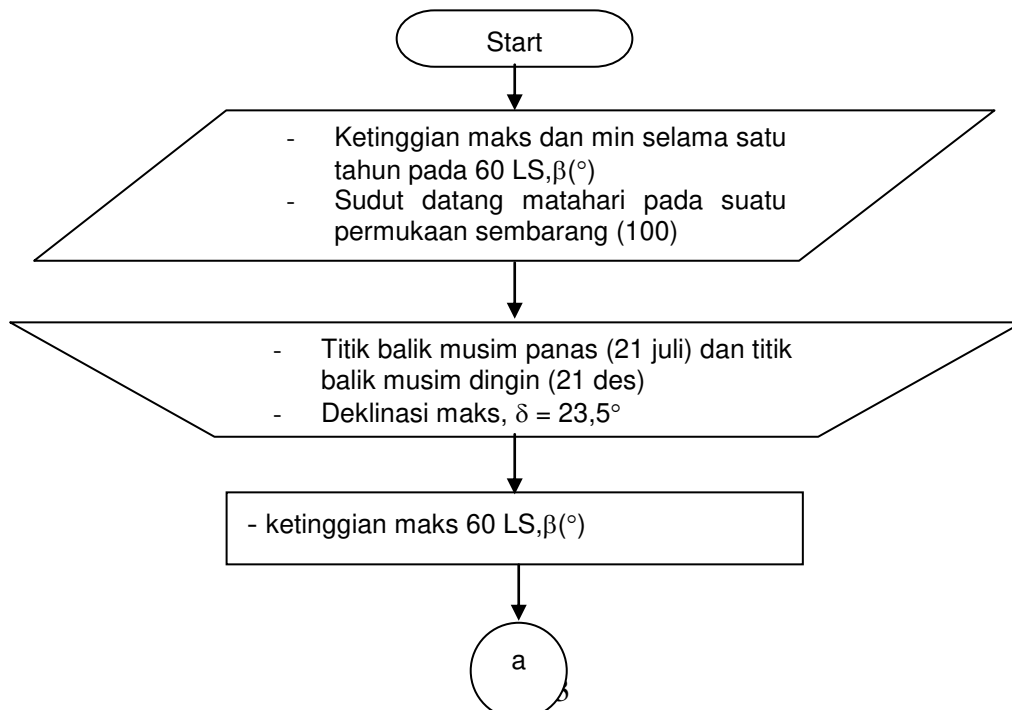
Komponen difusi surya $I_{d\theta}$ adalah sukar untuk dihitung karena sifat tak langsung dari komponen surya langsung. Isolasi surya difusi dapat ditaksir dengan persamaan persamaan berikut :

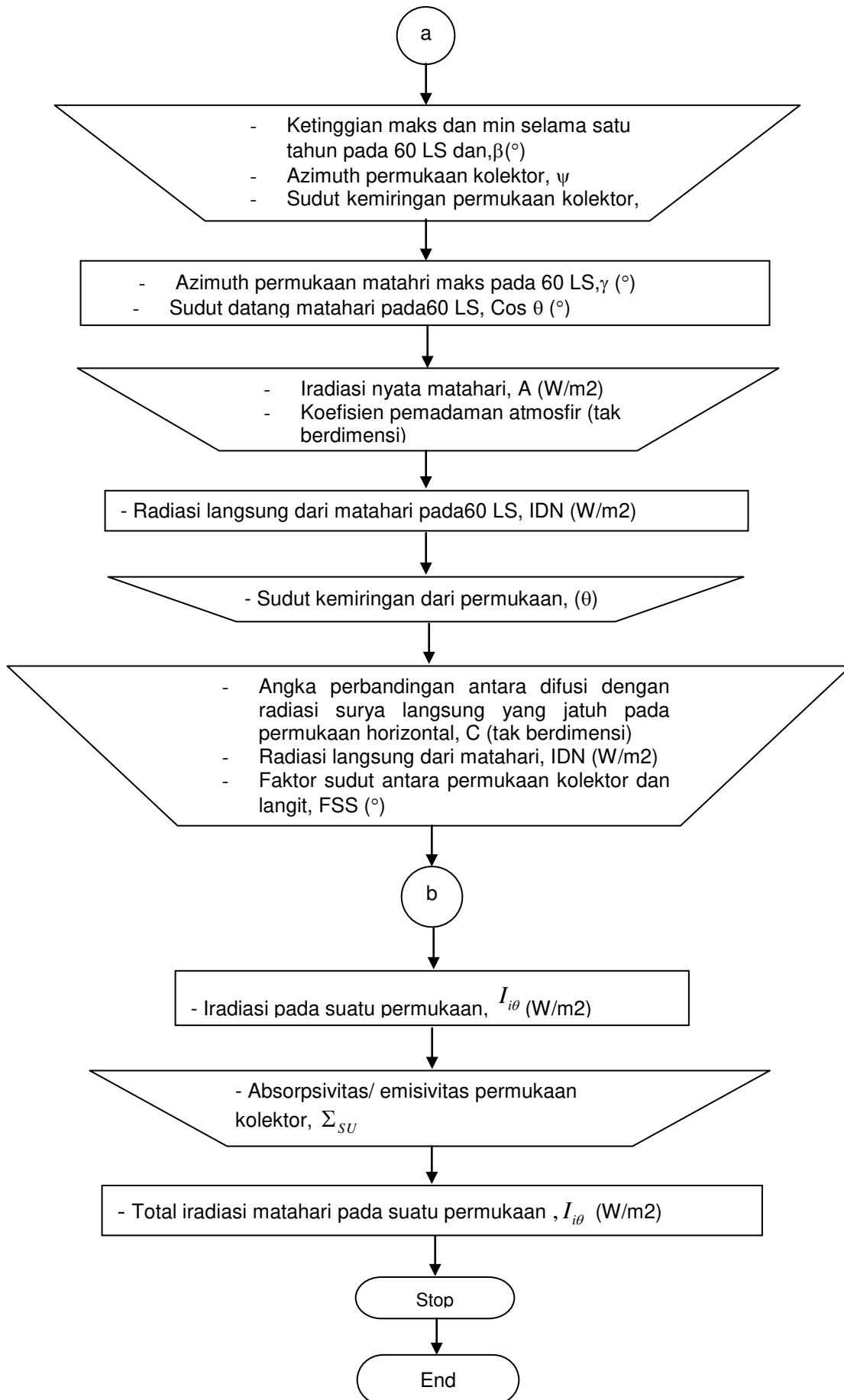
$$I_{d\theta} = C I_{DN} F_{ss}$$

dimana C adalah angka perbandingan antara difusi dengan radiasi surya langsung yang jatuh pada permukaan horizontal dan F_{ss} adalah faktor sudut antara permukaan dan langit.

Harga C ditabelkan bersama- sama A dan B pada lampiran, dan F_{ss} dapat diperkirakan dengan persamaan :

METODOLOGI PENELITIAN





ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data untuk menghitung iradiasi surya.

- Lokasi kolektor = 60LS

- Sudut kemiringan kolektor (Σ) = 100

Perhitungan sudut datang matahari pada suatu permukaan.

Ketinggian maksimum matahari yang terjadi selama setahun pada 60LS, ketinggian maksimum jatuh pada titik balik musim panas ketika $\delta = +23,50$ tanggal 21 juni pukul 12 siang, $H=0$ (karena sudut segaris dengan matahari).

$$\sin \beta = \cos L \cos H \cos \delta + \sin L \sin \delta$$

$$\sin \beta = \cos 6^\circ \cos 0 \cos 23,5^\circ + \sin 6^\circ \sin 23,5^\circ$$

$$= (0.99) (1) (0.92) + (0.10) (0.39)$$

$$= (0.91) + (0.04)$$

$$= 0.949$$

$$\beta = 71.60$$

Ketinggian minimum matahari yang terjadi selama setahun pada 60LS, ketinggian maksimum jatuh pada titik balik musim dingin ketika $\delta = -23,50$ tanggal 21 desember pukul, $H=1800$ (tengah malam).

$$\sin \beta = \cos L \cos H \cos \delta + \sin L \sin \delta$$

$$\sin \beta = \cos 6^\circ \cos 180^\circ \cos -23,5^\circ + \sin 6^\circ \sin -23,5^\circ$$

$$= (0.99) (-1) (0.92) + (0.10) (-0.39)$$

$$= (-0.91) + (-0.04)$$

$$= -0.949$$

$$\beta = -71.60$$

Langkah berikutnya yaitu menentukan sudut datang sinar matahari pada permukaan horizontal.

Pada 60LS

sudut datang maksimum, yaitu:

$$\theta_{hor} = 90^\circ - \beta$$

$$\theta_{hor} = 90^\circ - 71,6^\circ = 18,40$$

sudut datang minimum, yaitu:

$$\theta_{hor} = 90^\circ - \beta$$

$$\theta_{hor} = 90^\circ - (-71,6^\circ) = 161,60$$

Tahap selanjutnya yaitu menghitung azimuth permukaan – matahari, γ .

Azimuth permukaan- matahari maksimum pada 60LS, yaitu :

Azimuth permukaan, ψ yaitu 800

$$\text{Azimuth matahari, } \phi = \sin^{-1} \frac{\cos \delta \sin H}{\cos \beta} = \phi = \sin^{-1} \frac{\cos 23,5 \sin 0}{\cos 71,6} = 0$$

jadi Azimuth permukaan- matahari maksimum pada 60LS, yaitu :

$$\gamma = \phi \pm \psi$$

$$= 0 + 800 = 800$$

untuk 60LS

$$\cos \theta = (\cos 71,6^\circ)(\cos 0^\circ)(\sin 10^\circ) + (\sin 71,6^\circ)(\cos 10^\circ) = 0,9850$$

Perhitungan radiasi langsung dari matahari (IDN)

untuk 60LS pada musim panas

$$I_{DN} = \frac{A}{\exp(B / \sin \beta)}$$

Dimana : A = Iradiasi nyata matahari, W/M²

= ± 1230 W/M² (desember dan januari)

= ± 1080 W/M² (pertengahan musim panas)

B = Koefisien pemadaman atmosfer, tak berdimensi
Musim dingin = 0,14
Musim panas = 0,21

$$I_{DN} = \frac{1230 \text{ W/M}^2}{\exp\left(\frac{0,21}{0,949}\right)} = 986,36 \text{ W/M}^2$$

Perhitungan radiasi total matahari pada suatu permukaan
untuk 60LS

$$I_{i\theta} = I_{DN} \cos \theta + i_{d\theta} + I_r$$

$$\text{karena, } I_{d\theta} = C I_{DN} F_{ss}$$

dimana C adalah angka perbandingan antara difusi dengan radiasi surya langsung yang jatuh pada permukaan horizontal dan F_{ss} adalah faktor sudut antara permukaan dan langit.

maka kita cari F_{ss} terlebih dahulu

$$F_{ss} = \frac{1 + \cos \Sigma}{2} = F_{ss} = \frac{1 + \cos 10^\circ}{2} = 0,992$$

dengan C = 0,134 pada lampiran 1

$$\text{maka, } I_{d\theta} = C I_{DN} F_{ss} = I_{d\theta} = 0,134 \times 986,36 \times 0,992 = 131,16 \text{ W/M}^2$$

$$I_{DN} \cos \theta = 986,36 \times 0,985$$

maka

$$\begin{aligned} I_{i\theta} &= I_{DN} \cos \theta + i_{d\theta} + I_r = I_{DN} \cos \theta + C I_{DN} F_{ss} \\ &= 986,36 \times 0,985 + 131,16 \\ &= 1103,12 \text{ W/M}^2 \end{aligned}$$

Jadi absorpsivitas untuk tembaga yang dicat hitam, pada lampiran 2 didapat $\varepsilon_{SU} = 0,30-0,50$
Maka arus energi yang terserap, yaitu :

$$I_{i\theta} = \varepsilon_{su} \times I_{i\theta} = 0,95 \times 1103,12 = 1047,9 \text{ W/M}^2 \quad (1 \text{ W/M}^2 = 0.3170 \text{ Btu/ft}^2) = 332,204 \text{ Btu/ft}^2$$

Kolektor

Perhitungan koefisien kerugian total, UL

- Temperatur rata- rata, T_m adalah

$$T_m = (T_p + T_c) / 2$$

dimana:

T_p = temperatur pelat (K)

T_c = temperatur penutup kaca (K)

T_m = temperatur rata- rata (K)

Maka :

$$T_m = (401 + 331) / 2 = 366 \text{ K}$$

- Koefisien konveksi (alam) dalam, h_i

$$h_i / \phi_1 \cdot \phi_2 = h$$

dimana :

ϕ_1 = Tahanan perpindahan panas pada temperatur lingkungan

ϕ_2 = Tahanan perpindahan panas pada kaca

ϕ_3 = Tahanan perpindahan panas pada pelat penyerap

h = Koefisien konveksi alam, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$$\phi_1 = \frac{137}{(T_m + 200)^{1/3} \times T_m^{1/2}} = \phi_1 = \frac{137}{(366 + 200)^{1/3} \times 338^{1/2}} = \frac{137}{566^{1/3} \cdot 338^{1/2}} = 0.90$$

$$\phi_2 = \frac{T_p - T_c}{50} = \phi_2 = \frac{401 - 331}{50} = 1.4$$

$$\phi_3 = \frac{1428(T_m + 200)^{2/3}}{T_m^2} = \phi_3 = \frac{1428(366 + 200)^{2/3}}{366^2} = 0.73$$

Oleh karena itu,

$$z \cdot \phi_2 \cdot \phi_3 = 2.5 \times 1.4 \times 0.73 = 2.55$$

didapat $h_i / \phi_1 \cdot \phi_2 = 4$, maka koefisien konveksi dalam;

$$h_i = 4 \times 0.9 \times 1.4 = 5.04 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Perhitungan laju aliran panas pada pelat penyerap Konduksi

$$q = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) W(\text{watt})$$

dimana :

k adalah konduktifitas panas, W/(m.K); A adalah luas penampang tegak lurus pada aliran panas, m². dan dT/dx adalah gradien temperatur dalam arah aliran panas, -K/m.

misalkan tidak ada panas yang hilang dari sisi- sisi permukaan atas dan bawahnya.

maka :

$$q = 385 \text{ W/(m.K)} \times 0.005 \text{ m}^2 \times \frac{401 \text{ K}}{1 \text{ m}} = 772 \text{ Watt}$$

Konveksi

$$q = hA(T_w - T)W(\text{watt})$$

dimana :

h adalah koefisien konveksi, W/(m².K); A adalah luas permukaan, m², T_w adalah temperatur dinding; dan T adalah temperatur fluida, K.

maka :

$$q = 159.2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0.005 \text{ m}^2 (401 \text{ K} - 300 \text{ K}) = 80.4 \text{ Watt}$$

Radiasi

$$q = \frac{\sigma A (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

dimana :

ε₁ dan ε₂ adalah emisivitas dari pelat- pelat penyerap dan kaca.

σ adalah konstanta Stefan Boltzmann 5.67 x 10⁻⁸ W/(m².K⁴); A adalah luas bidang, m²; dan temperatur adalah derajat Kelvin pangkat empat K⁴.

Maka :

$$q = \frac{5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{.K}^4) \times 0.005 \text{ m}^2 (401^4 - 331^4)}{\frac{1}{0.023} + \frac{1}{0.94} - 1} = 0.09 \text{ W/m}^2$$

Radiasi surya adalah radiasi gelombang pendek yang diserap oleh pelat penyerap sebuah kolektor surya dan diubah menjadi panas. Oleh sebab itu pelat penyerap harus memiliki harga α yang setinggi- tingginya dalam batas yang masih praktis. Pelat penyerap, yang menjadi panas, memancarkan radiasi termal dalam daerah panjang gelombang yang panjang (inframerah). Kerugian radiasi ini dapat dikurangi sehingga sangat kecil dengan menggunakan permukaan khusus yang memiliki harga absorpsivitas yang tinggi (α tinggi) dalam daerah panjang gelombang pendek (radiasi surya) dan harga emisivitas yang rendah (ε rendah).

Tangki penyimpan air

Perhitungan tinggi tabung

$$\text{Volume tabung} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

Dimana :

r = Jari- jari dalam tabung (ft)

V = Volume air (ft³)

Maka :

$$t = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{10.69 \text{ ft}^3}{3.14 \times 0.656^2 \text{ ft}} = 7.92 \text{ ft} = 2.41 \text{ m}$$

Perhitungan tebal isolasi

Dari lampiran 10, isolasi untuk silinder vertical ukuran 80 gal, yaitu 0,47. maka R Value R value = multiplier dari tabel X (suhu storage – suhu lingkungan)

$$= 0,47 \text{ ft}^2 \cdot \text{h/Btu} \times (1100\text{F} \times 860\text{F}) = 11.28 \text{ (}^0\text{F} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{h)/Btu}$$

maka untuk mencari tebal isolasi, yaitu dari lampiran 9 untuk isolasi dari fiberglass 3,85 (0F.ft².h)/Btu.in (untuk 2 inci, maka 7,7 0F.ft².h)/Btu) dan untuk concrete/ beton dengan tebal 4 inci, maka 1,12 0F.ft².h)/Btu, jadi total Rvalue, yaitu 8,82 0F.ft².h/Btu

$$t = \frac{R_{\text{value}}}{R/t} = \frac{11.28 \text{ (}^0\text{F} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{h)/Btu}}{8.82 \text{ (}^0\text{F} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{h)/Btu.in}} = 1.28 \text{ in}$$

Perhitungan luas permukaan tangki

$$A_{tk} = \pi D t + \frac{\pi D^2}{4}$$

dimana :

A_{tk} = Luas permukaan tangki (ft²)

D = Diameter dalam tangki (ft)

t = Tinggi tabung (ft²)

$$\text{maka : } A_{tk} = \pi D t + \frac{\pi D^2}{4} = 3.14 \left(1.312 \text{ ft} \times 7.92 \text{ ft}^2 + \frac{1.72 \text{ ft}}{4} \right) = 33.97 \text{ ft}^2$$

Perhitungan kehilangan kalor pada luas permukaan tangki

$$q = \frac{\Delta T}{R} A_{tk}$$

Dimana:

ΔT = Suhu maksimum pada tangki (0F)

R = R Value (0F.ft².h)/Btu

A = Luas permukaan tangki ft²

Maka,

$$q = \frac{\Delta T}{R} A_{tk} = \frac{(110 - 86)^0 \text{ F}}{11.28 \text{ (}^0\text{F} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{h)/Btu}} 33.97 \text{ ft}^2 = 72.28 \text{ Btu / jam} = 1734.72 \text{ Btu / hari}$$

Perhitungan kalor yang digunakan/ diperlukan

$$Q_{hw} = V(T_{\text{set}} - T_{\text{source}})(C_p)8.33$$

Dimana :

Q_{hw} = Kalor yang diperlukan(Btu)

V = Volume air yang diperlukan per hari (gallon)

8.33 = Berat air per gallon (Lb/gal), T_{source}= Suhu air masuk (0F)

C_p = panas spesifik (1 Btu/(lb.0F), T_{set}= Suhu set point/ yang diinginkan (0F)

$$\text{Maka : } Q_{hw} = (80 \text{ gal})(43 - 27^0 \text{ F})(1 \text{ Btu/(lb.}^0 \text{ F)})(8.33 \text{ lb / gal}) = 10662,4 \text{ Btu}$$

Perhitungan kehilangan kalor pada luas permukaan pipa

Diketahui :

Panjang pipa = 40 ft

Ukuran pipa = $\frac{3}{4}$ 1n

Karena menurut referensi 5 hal 114, bahwa kehilangan panas per tahun itu kira-kira sebesar 20-25 %, maka heat loss pada luas permukaan pipa sebesar

$$A_{\text{pipa}} = (4/12) \times 40 \text{ ft} = 41.9 \text{ ft}^2$$

$$Q_{s \text{ tan dby}} = U_{hw} \cdot A_{hw} (T_{set} - T_a) N_h$$

Dimana :

U_{hw} = Kehilangan kalor pada tangki dan pipa/th

A_{hw} = Luas area tangki dan pipa

T_a = Suhu lingkungan

T_{set} = Suhu keluaran yang diinginkan

N_h = Jumlah hari beroperasi

Maka :

$$Q_{s \text{ tan dby}} = \left(\frac{33.97 \text{ ft}^2}{4} + \frac{41.9 \text{ ft}^2}{4} \right) (110 - 86) \times 6 = 2731.3 \text{ Btu / hari}$$

Maka :

Total energi yang diperlukan, adalah

$$Q_{hw} + Q_{s \text{ tan dby}} = 10662,4 + 2731,3 = 13393.7 \text{ Btu / hari}$$

Maka kehilangan kalor per hari sebesar

$$\frac{Q_{hw}}{Q_{total}} = \frac{10662,4}{13393,7} = 0.796$$

$$1 - 0,796 = 0,20 = 20 \%$$

Pompa dan pipa

Perhitungan kerugian gesek pada pipa lurus

$$hf = \frac{10.666 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.85}} \times L$$

Dimana :

C : koefisien untuk besi cor baru, seperti tabel pada lampiran 3

Q : Laju aliran (m^3/s)

L : Panjang pipa (m)

Maka :

$$h_f = \frac{10.666 \times 0.000050466^{1.85} \text{ m}^3/\text{s}}{130^{1.85} \times 0.02^{4.85} \text{ m}} \times 12.2 \text{ m} = h_f = 0.03 \text{ m}$$

Perhitungan head total pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

Dimana:

H : Head total pompa (m)

h_a : Head statis total (m)

Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air sisi keluar dan disisi isap ; tanda positif (+) dipakai apabila muka air disisi keluar daripada sisi isap.

Δh_p : Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m), $\Delta h_p = h_{p1} - h_{p2}$

h_l : Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, dll (m)

$h_l = h_{id} + h_{is}$

$v^2/2g$: Head kecepatan keluar (m)

g : Percepatan gravitasi (= 9,8 m/s^2)

Maka:

$$H = 5.5 \text{ m} + 0 + 0.03 \text{ m} + 2 (0.000768 \text{ m}) + 2(0.0006426 \text{ m}) + 0.00131 \text{ m}$$

$$H_{total} = 5.533 \text{ meter}$$

Perhitungan NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{pa}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - h_s - h_{is}$$

dimana :

h_{sv} = NPSH yang tersedia (m)

pa = Tekanan atmosfer (kgf/m²)

p_v = Tekanan uap jenuh (kgf/m²)

γ = Berat zat cair persatuan volume (kgf/m³)

h_s = Head isap statis (m)

h_s adalah positif (+) jika pompa terletak diatas permukaan zat cair yang diisap, dan negatif (-) jika dibawah.

h_{is} = Kerugian head didalam pipa isap (m)

Dimana :

- Tekanan atmosfer = 1.0332 Kgf/cm² = 100332 Kgf/m²

- Temperatur air = 270C

- Kerugian head pipa isap telah didapat sebelumnya, yaitu kerugian belokan + kerugian pipa lurus, yaitu 0.03 m + 0.000768 m + 0.0006426 m = 0.03 m

- Dari rujukan 15 hal 24 pada lampiran 3, untuk suhu 270C didapat

$\gamma = 0.9957 \text{ kgf/l} = 995.7 \text{ kgf/m}^3$

$P_v = 0.04325 \text{ kgf/cm}^2 = 432.5 \text{ kgf/m}^2$

Maka :

$$h_{sv} = \frac{pa}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - h_s - h_{is} = h_{sv} = \frac{10332}{995.7} - \frac{432.5}{995.7} - 1 - 0.25 = 8.686 \text{ m}$$

Perhitungan NPSH yang diperlukan

Kecepatan spesifik pada efisiensi terbaik adalah

$$n_s = \frac{Q_N^{1/2}}{H_{svN}^{3/4}} = 2450 \frac{0.055^{1/2}}{5.53^{3/4}} = 37.5$$

Dari gambar 3-29, $\sigma = 0.01$ untuk $n_s = 37.5$ maka menurut persamaan (3.53), NPSH yang diperlukan (H_{svN}) pada titik efisiensi terbaik (100%) adalah

$H_{svN} = \sigma H_N = 0.01 \times 5.53 \text{ m} = 0.0553 \text{ m}$

Dalam gambar 3-30 untuk $Q/Q_N = 1,0$, $H_{sv}/H_{svN} = 1,0$

Jadi NPSH yang diperlukan pada titik 100 % Q_N adalah :

$H_{sv} = 1,0 H_{svN} = 1,0 \times 0.0553 \text{ m} = 0.0553 \text{ m}$

Jadi dengan hasil ini maka kavitasi tidak terjadi, karena NPSH yang tersedia lebih besar dari NPSH yang diperlukan.

Perhitungan biaya listrik

Harga per Kwh = Rp 495 (untuk industri/ I3),__

Total hari = 360 hari (satu tahun)

Pompa

Daya = 195,5 Watt

Pompa aktif/hari = 8 jam

Maka penggunaan listrik/tahun :

Penggunaan listrik/hari x jumlah hari dalam satu tahun

8 jam x 360 hari = 2880 jam / tahun

sehingga dengan daya pompa 195,5 Watt, maka daya listrik / tahun dapat diketahui :

Daya listrik pada pompa x penggunaan listrik

0.1955 KWatt x 2880 jam / tahun = 563.04Kwh

Jika harga listrik per/kwh Rp 495,__ maka biaya listrik / tahun adalah :

Harga listrik / kwh x daya listrik / jam

Rp 495 / kwh x 563.04 Kwh = Rp278705,__

KESIMPULAN

Luas permukaan kolektor yang direncanakan pada pemanas air tenaga surya ini sudah cukup luas, sehingga energi matahari yang terserap makin besar, sehingga hal ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya kalor yang diterima dan sudut kemiringan kolektor juga mempengaruhi intensitas radiasi matahari dan masih banyak lagi faktor yang mempengaruhinya.

Susunan bahan pada kolektor seperti kaca, pelat, isolasi, dan pipa transfer sangat berpengaruh terhadap penyerapan energi dan kerugian panas yang dihasilkan, karena setiap bahan mempunyai konduktifitas (daya serap) dan emisivitas (daya pancar) yang berbeda – beda.

Tangki penyimpan pada umumnya mempunyai isolasi yang baik sebagai penyimpan kalor, sehingga kalor yang keluar tidak terlalu besar, maka dalam perencanaan ini isolasi yang digunakan sudah cukup baik, hal ini terbukti setelah dilakukan perhitungan. Dan suhu air keluaran menentukan waktu yang diperlukan untuk memanaskan air tersebut, semakin besar suhu dan kapasitas air yang dibutuhkan atau diinginkan maka semakin lama waktu yang diperlukan dan sebaliknya. Hal ini juga berlaku untuk elemen pemanas, tetapi disini berlaku terhadap besarnya daya dalam dan kapasitas air yang digunakan, jika semakin besar maka waktu yang diperlukan akan lebih cepat dan juga sebaliknya demikian.

Pompa sirkulasi disini menggunakan pipa yang relatif pendek, sehingga kavitas tidak terjadi, karena NPSH yang tersedia lebih besar dari NPSH yang diperlukan. Dan mengenai biaya listrik yang diperlukan pada sistem pemanas air ini yang menggunakan listrik seperti pompa, kontrol, dan elemen pemanas, hal ini tergantung pada daya dan lamanya waktu beroperasi dalam setiap harinya dan dari perhitungan biaya yang telah didapat hasilnya tidak terlalu mahal untuk industri perumahan khususnya apartemen yang mempunyai pemasukan yang besar.

SARAN

1. Sudut datang dari kolektor jangan melebihi dari 600, karena transmitansi (masuknya sinar matahari) akan turun tajam, dimana intensitas radiasi langsung yang masuk kedalam kolektor merupakan hasil kali dari transmitansi, radiasi langsung dari matahari, dan sudut datang maka intensitas radiasi matahari akan turun tajam bila sudut datang naik hingga melebihi 600.
2. Permintaan energi matahari seringkali tidak bersamaan waktunya dengan saat pengumpulannya, maka dibutuhkan penyimpan kalor yang mempunyai losses yang rendah yang hal ini dapat dicapai apabila isolasi pada pipa sirkulasi dan tangki baik, sehingga hal ini akan memerlukan biaya tambahan dan sebaiknya dicari bahan yang murah dengan nilai konduktifitas yang baik (kecil).
3. Pemasangan pompa sebaiknya lebih rendah dari tangki, sehingga permukaan zat cair didalam tangki lebih tinggi daripada sisi isap pompa agar mendapatkan harga NPSH yang tersedia menjadi positif.
4. Penggunaan elemen pemanas diaktifkan pada saat energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air tidak memenuhi, sehingga hal itu akan menghemat biaya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Martin, Goerge H. *Kinematika dan Dinamika Teknik*. Edisi Kedua, Erlangga, 1992.
2. Nasar, Syed A. *Handbook Of Electric Machines*. Mc Graw-Hill.
3. Petrovsky, N. *Marine Internal Combustion Engines*. Mir Publisher, Moskow.
4. Parker, Earl R. *Material Data Book*. Mc Graw-Hill Book Inc, New York, 1978.
5. Ronald J, Baird & David T, *Baird Industrial Plastics*. The Goodheart Willcox Company Inc, South Holland, Illinois, 1982.
6. Sularso. *Pompa dan kompresor*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.